

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.05.018

欢迎按以下格式引用:谭春雷,赖飞燕,邓宇,等.VR技术融入土木工程材料课程研究[J].高等建筑教育,2025,34(5):141-147.

VR技术融入土木工程材料课程研究

谭春雷¹, 赖飞燕², 邓宇¹, 崔李三¹, 张晓辉², 苏柳月¹

(1.广西科技大学土木建筑工程学院,广西柳州 545006;2.贺州学院材料与化学工程学院,广西贺州 542899)

摘要:随着应用型人才需求的增加,高校应更加注重学生实践、创新能力的培养。由于传统的课堂讲授和简单的规范化实验存在认知过程沉浸感低、理论知识过于抽象,以及学习与实践过程过于枯燥等问题,无法调动学生的学习兴趣和积极性,且无法达到培养学生实践能力、激发学生创新意识的目的,培养的学生无法胜任新工科建设对人才能力要求,以及满足国家教育现代化建设需求。虚拟现实(VR)技术作为一种新兴的现代信息化产物,不仅能为使用者提供三维空间的虚拟世界,而且能从视觉、听觉和身体感知等方面增强体验感和趣味性,是未来最具潜力的现代教学手段之一。土木工程材料受使用环境影响发生微观物理化学反应,并在其微观结构、力学性能、耐久性等方面出现相关性变化。将VR技术融入土木工程材料课程教学环节,在使用过程中通过控制时空和情景参数,在短时间内以3D动画的形式,生动形象的呈现在学生面前。这种教学模式不仅能增加课程趣味性、沉浸感,而且能够起到与真实试验场景接近的训练效果,使学生在VR训练过程中自主的将理论知识与实践过程充分融合,起到加深对事物本质的认知,激发创新思维的目的,从而进一步提高学生的实践能力和创新能力。

关键词:VR技术;土木工程材料;实践能力;创新能力

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2025)05-0141-07

近年来,随着国家“海上丝绸之路”“一带一路”“互联网+”“中国制造2025”“京津冀协同发展”“长江经济带建设”“区域特色优势产业转型升级”“社会建设和基本公共服务”等一系列重大发展战略布局的启动和实施,要求未来高校人才培养满足区域经济社会发展需求,与当地创新要素资源对接,与经济开发区、产业聚集区的创新发展对接,与行业企业人才培养和技术创新需求对接。为了响应上述一系列国家发展战略,2017年2月以来教育部积极推进新工科建设,先后达成了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”等,并发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》《关于推进新工科研究与实践项目的通知》等系列指导意见,全力探索领跑全球工程教育的中国模式、中国经验,助力

修回日期:2023-05-13

基金项目:广西高等教育本科教学改革工程项目(2022JGZ168,2020JGZ129,2022JGA233);广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2020KY08025);广西科技大学本科教育教学改革项目(2021XJJG17,2022XJJG51)

作者简介:谭春雷(1986—),男,广西科技大学土木建筑工程学院副研究员,博士,硕士生导师,主要从事建筑节能与储能材料及应用研究、创新人才教育研究,(E-mail)tancer@gxust.edu.cn;(通信作者)赖飞燕(1989—),女,贺州学院材料与化学工程学院副研究员,博士,硕士生导师,主要从事新能源材料与绿色建材研究、地方应用型人才教育研究,(E-mail)fylai112@163.com。

高等教育强国建设。相较传统教学模式,新工科工程教育更加注重学生实践能力的培养^[1]。实验教学作为高校培养学生实践能力和创新素养的核心载体^[2],通过构建产教融合的培养模式,推动理论知识与生产实践的深度衔接,是培养适应新质生产力发展需求的高素质技术人才的关键路径。土木工程材料课程作为一门理论与实验相结合且应用性极强的课程,不仅要求学生掌握基础理论知识,而且需要学生具备较强的创造力,旨在培养学生在实践中运用理论知识解决实际工程问题的能力。目前,以教师课堂讲授为主,规范化定式实验的常规教学模式,无法满足新工科建设对人才培养的要求。因此,如何运用新的教学手段,在土木工程材料课程的教学环节中达到提升课程教学效能,提高教学质量,培养学生的实践和创新能力,是高等学校教育改革亟待解决的难题。

一、土木工程材料课程特点

土木工程材料课程作为土木工程专业的核心基础课程,系统涵盖无机气硬性胶凝材料、水泥、砂浆、混凝土、砌筑及屋面材料、钢材、合成高分子材料、沥青材料、木材、绝热吸声材料、装饰材料、新型防水与防火材料等,该课程深度整合无机化学、有机化学、高分子化学及复合材料等多学科知识体系,尤其强调材料组成—结构—性能关系的化学本质。然而,当前土木工程专业本科生普遍缺乏系统的各学科知识基础训练,导致其在理解材料微观作用机制、耐久性设计时面临知识断层,亟需通过课程体系优化或跨学科协同予以强化。目前采用短期课堂教学模式,集中传授相关学科知识点。虽然效率高,但学生容易因学习强度过大,注意力难以长时间集中,从而无法完全吸收全部课程内容,更不具备实践应用的能力。

二、VR技术的特点及其在教育领域的应用

Virtual Reality (VR) 虚拟现实(真实幻觉、灵境、幻真)技术于20世纪80年代初由美国VPL公司创建人Jaron Lanier提出,是借助计算机及最新传感器技术,融合3D图形技术、计算机仿真技术、传感技术、显示技术,以及各种电子信息技术等多种技术手段,模拟形成的三维虚拟世界,能够打破时间、空间限制,为使用者提供视觉、听觉、触觉等感官模拟,达到身临其境的效果^[3-6]。自上世纪80年代起美国国防部高级研究计划局DARPA一直致力于“SIMNET虚拟战场系统”的研究,该系统联结200余台模拟器对美国装甲部队进行训练,以起到坦克协同训练的作用;美国空军技术研究所(Air Force Institute of Technology)也利用VR技术用于培养空军操作人员。目前,美国宇航局(NASA)已建立了航空、卫星维护、空间站VR训练系统,以及能满足全国使用的VR教育系统,用以模拟实际太空环境培养训练宇航员^[7]。

随着现代信息化技术的发展,VR技术的应用开始向旅游、交通、教育等方面融合^[8-9]。佛罗里达大学的混合现实教学实训系统(Teachliv E),通过虚拟现实技术创造虚拟和现实相结合的混合环境,让研修者沉浸于一种完全“真实”的课堂环境中,训练其教学技能、管理技能、反思技能等,强化现实环境中教师教育实践和反思的薄弱环节,提升教师专业能力^[10]。Chua等^[11]推出了中国武术太极拳的虚拟现实运动训练系统,太极拳学习者和教师的虚拟化身在虚拟环境中呈现,学习者可以观察并模仿虚拟教师的动作。例如,清华大学和浙江大学分别对校园建筑进行虚拟规划和设计,建立了“虚拟校园”;澳门图书馆成立了“澳门虚拟图书馆”;IBM公司与故宫博物院联合开发创建第一个在互联网上展现的重要历史文化景点“虚拟紫禁城”等^[12]。丹麦研发的Labster虚拟交互式模拟实验室,为生物学、化学、物理学、工程学等学科的学生提供了可供试验和探索的虚拟实验室环境,用以激发学生的好奇心。印度开发了43个Virtual labs,其中350多个实验涵盖化学、生物、物理等学科。

南京金华科公司推出仿真化学实验室软件,为学生提供仿真化学实验室、三维分子展示^[13]。高等教育电子音像出版社有限公司主持的国家虚拟仿真实验教学项目共享平台ILAB-X.com实验空间,为全国高校和科研单位搭建了虚拟仿真实验教学资源共享平台,该平台给全国的研究者们提供了不受现实实验条件限制的虚拟仿真实验项目体验。

三、现阶段土木工程材料课程教学存在的主要问题

(一) 教学内容与实际生产脱轨

按照新的国家标准,现有的土木工程材料教材中的部分建筑材料在实际生产中较少使用,当前大量使用的新型环保、绿色、节能材料及新材料使用工艺未能及时编入教材。在教师授课阶段,教材中的陈旧知识与实际脱轨,无法满足现代工程建设需要,学生的学习积极性严重下降。同时,过于陈旧的知识无法指导学生在未来设计和施工中快速有效的制定材料选配方案,从而严重影响施工质量和进程^[14]。

(二) 材料分析手段过于单一、抽象,不利于培养学生的创新能力

材料的检测方式主要是对材料密度、导热性、抗渗性、抗压、抗折性等物理性质的分析,对于引起材料的微观物理化学变化缺少必要的检测分析。混凝土材料是课程的重点章节,混凝土配合比设计是学生实验的主要内容。由于现有的教材内容中未涉及现代材料分析技术,学生对原材料的化学特性和微观结构知之甚少,在混凝土砌块制备实验中,只能墨守成规的按照实验课程设计的方案,开展物理混合、搅拌等相关操作。传统课程中缺少现代分析方法,学生对引起混凝土材料性质变化缺乏深层次的探索。在试验过程中,一旦遇到所用批次材料发生变化,材料原有特性改变而导致混凝土砌块质量不合格时,学生的处置和应对就显得无所适从。另外,受实验课时限制,学生主要根据标准中坍落度调整方法和教师的指导对配方进行修正,缺失对实验失败原因的探索与分析,实验过程徒有形式。实验课作为学校教育中能让学生实现理论与实践结合的环节,不仅无法达到培养学生实践能力的效果,而且不利于学生创新能力的培养,同时还造成实验原材料的严重浪费。

(三) 传统教学无法提供沉浸式教学模式

随着电子信息技术和互联网产业的飞速发展,电子终端产品给知识的传播提供了新的途径,其传播的方式也给用户带来了前所未有的体验。当今人们可以通过移动计算机、手机、平板电脑等终端设备,随时随地接收到来自全球的各类信息,大脑接收信息的方式也从单一的视觉、听觉,发展成为视听一体化。传统的板书和简单融入图片的PPT教学模式受到时间、空间限制,无法呈现材料微观动态变化过程和长时间节点的状态变化过程。同时传统教学互动形式仅仅是教师与少数学生之间单一的“一对一”模式,范围较窄,无法涵盖所有参与课堂教学的学生,无法使所有学生参与教学过程,难以激发学生的学习兴趣。

(四) 实践环节教学条件不符合教育现代化要求

土木工程材料实验课程是培养学生实践能力的重要环节,该环节教学条件的好坏直接决定学生的学习兴趣和效果。然而地方高校土木工程材料实验普遍存在以下问题:实验设备陈旧且数量偏少,实验学生人数过多无法做到全员参与,实验课程内容枯燥,学生对实验重视程度不够,原材料浪费现象严重等。

(五) 教师专业化素质不能满足信息化时代人才培养目标的需求

一方面,土木工程材料专业教师多数是土木建筑类专业出身,而非材料、化学类专业,对于材料性质及材料性质变化涉及的物理化学反应缺少相关的学术理论背景,对于SEM、IR、Raman、XRD、

TEM等现代材料分析方法了解较少,无法对材料本身进行全方位质量评价。因此,这些理论知识和分析方法要运用于教学,需要授课教师具备扎实的学科知识理论功底和实践基础。另一方面,随着教育部推动大学MOOC(慕课)、翻转课堂等教育改革项目,大学教师对于多媒体和线上教学基本已熟悉,由于条件限制并非所有教师都能运用线上课程项目,教师大多采用多媒体PPT方式授课,对于3Dmax、C4D、Photoshop等图文动画处理系列软件掌握程度较低,无法实现利用相关专业软件将材料内部微观结构或物理化学反应通过动画的方式呈现给学生。

四、VR技术融入土木工程材料课程的优点

(一) VR技术融入土木工程材料课程的必要性

对于土木工程材料课程而言,材料试验主要是原材料通过物理加工制造成各种建筑构件,在其养护过程中完成材料内部相应的物理化学反应,从而改善建筑构件的力学和热工性能,达到提高其耐久性的目的。耐久性对于建筑材料极为重要,材料微观结构在使用过程中受环境影响发生变化。而耐久性的改变需要借助原位SEM、TEM等高级的现代分析手段观察。土木工程材料受外部使用环境改变而引发物理化学反应,发生材料内部形态、结构改变的时间过程极为漫长,部分典型的现象一般需要数年乃至数十年才能被观察到。VR技术营造的虚拟空间,可以实现对空间和时间的控制,能够有效解决土木工程材料这些变化在空间尺度和时间维度上呈现的难题。

(二) VR技术融入土木工程材料课程的优点

利用VR技术将材料在微观化学反应作用下发生的性能改变,以及受环境影响引发材料老化等微观、漫长的变化过程嵌入虚拟系统,构建材料微观观察和材料老化引起耐久性下降的时间加速体验环境。学生通过视觉、听觉和身体感知等,深刻了解材料变化,强化对实验过程涉及的理论知识的理解和吸收,提高学习效率,从而有效解决传统教学中存在的学生沉浸感低、知识抽象等问题,使学生与应用场景产生共鸣,依靠自主思维解决其在应用场景中遇到的问题。VR技术将事件以故事场景的形式呈现给学生,其强大的刻画能力对学生产生较高的影响度。因此将VR技术融入课程教学,不仅可以增加课程的趣味性,而且能够调动学生的积极性,大大降低学习意愿成本^[15-16]。

五、VR技术提升学生实践、创新能力方法探讨

(一) 整合现有教学资源和技术,建立开放式VR教学平台

为推动新工科工程教育,围绕培养具有创新能力和实践能力的应用型人才,弥补现有教材内容与新型建筑材料脱节的缺陷,以及改善现有单一课堂教学手段无法满足学生个性化学习需求的现状^[17]。高校应及时调整人才培养目标及课程要求,将现代材料分析方法、数据模拟计算融入课程体系,通过图书馆、互联网等平台收集与建筑材料VR课程教学相关的动画、视频电子资源;以动画制作、视频拍摄等方式建立开放式VR课件资源库;以高校现有的计算机和互联网设备为基础,建立开放式VR教学平台。

(二) 创建VR体验课堂,优化完善VR课程内容

在开放式VR教学体系框架下,通过SEM、XRD、TG、DSC、IR等技术,对土木工程材料在外部环境如力学、渗透压、声波、热,以及光等影响因素下发生的层状滑移、晶型转化、孔道塌陷、高分子链振动等微观结构变化进行相关数据分析,再通过Origin、Design-Expert、3Dmax、C4D、Photoshop等数据处理和图像处理软件制作3D动画还原上述过程,应用相关设备设计出相关VR教学课件。创建VR体验课堂,以学生为研究对象通过学习效果和感官体验,优化完善VR课程内容。同时设立VR

课件竞赛,积极鼓励学生以小组为单位,在设定的材料研究项目下开展实验工作和制作VR课件,进一步完善课程内容,培养学生的创新和实践能力。

(三) 构建土木工程材料VR交互式教学平台

通过在VR体验课堂取得的成果,以校园网为载体,“开放式VR教学平台”提供后台服务,“科研教学实验室”提供验证实验平台,建立VR交互式教学平台。该平台由理论学习、实验项目设计、实践验证、数据处理校正一整套VR教学训练过程构成。学生可以通过该平台进行土木工程材料部分理论课程学习;也可以通过后台提供的实验仿真系统选定课题开展实验模拟训练,并结合自己模拟训练的情况开展实际实验操作。系统对学生的虚拟实验过程进行监控,对错误操作及时发出警报,并以动画形式展现由此引发的事故后果,给学生以真实体验。通过这种方式让学生加深理论知识理解、知识灵活运用、规范实验操作。同时,系统提供实验结果校正窗口。学生可以通过VR交互式教学平台提交实验申请,设计实验项目开展实验,并根据实际测试结果对模拟结果进行校正。

六、VR技术在土木工程材料课程中的应用实践

课程依托广西科技大学土木建筑工程虚拟仿真实验教学中心、绿色建筑设计虚拟仿真实验教学中心两个省级实验平台,积极开展土木工程材料试验课程和建筑装饰材料选型虚拟教学,并在施工现场通过VR设备进行混凝土施工培训(图1)。



图1 部分VR课程培训场景

2022年春季,广西科技大学所有课程前期均采用线上教学,为此,利用VR虚拟仿真实验平台,选择人数为30人的两个自然班进行对比实验效果研究,样本班进行线上VR仿真混凝土配合比试验(图2),并与进行视频学习训练的对照组班级进行真实试验对比。

通过分析两个班级试验出错情况和试验分数差异(图3),发现采用不同教学手段训练后的学生,在实际试验中表现出明显的差异。通过VR仿真训练的学生,在实际试验操作过程中出错次数低于3次的比例达90%以上;只采用普通视频学习的学生,在实际试验操作过程中,操作错误次数在3~5次的比例达80%,操作出错次数大于5次的比例达15%。通过图3c、图3d可知,参与VR仿真训练的学生,试验成绩均在70分以上,其中40%学生成绩大于90分,明显优于仅仅通过普通视频学习的学

生。由此可见,VR仿真训练对于学生的实践操作具有显著的影响。因此,将VR应用于土木工程材料实践环节中能够起到与真实试验场景接近的训练效果。

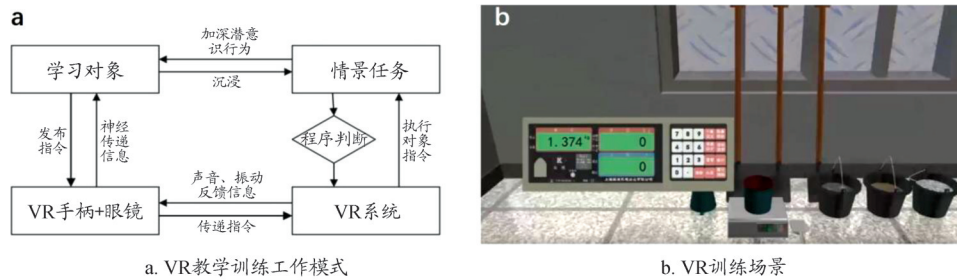


图2 VR仿真混凝土配合比试验

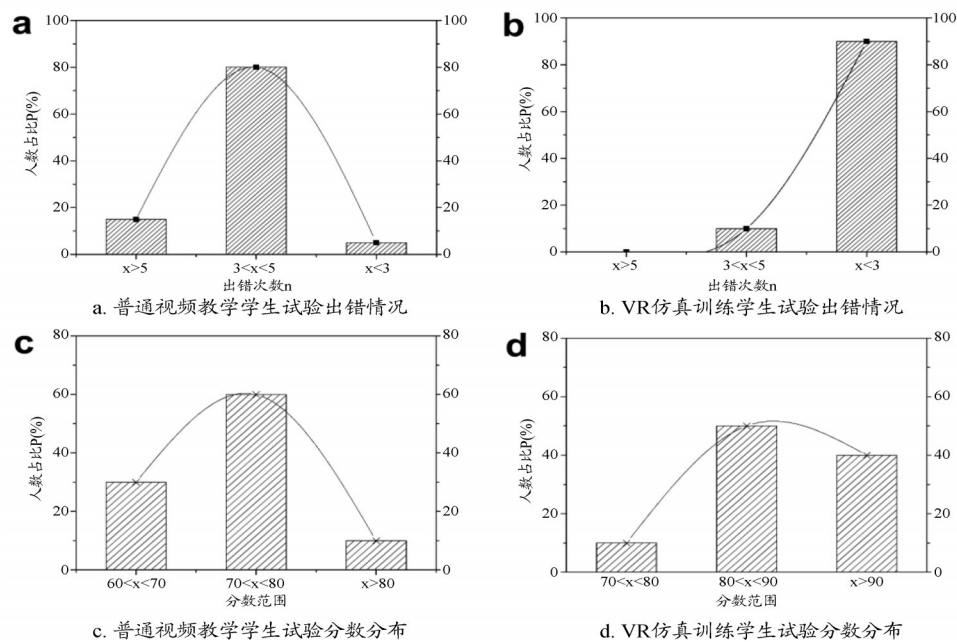


图3 实际行为差异对比

综上所述,VR技术融入土木工程材料课程,是新时期下开展教育现代化和新工科建设的积极探索,通过搭建VR教学平台能够有效拓展课程教学内容的广度和深度,打破课程教学时间和空间限制,实现线上教学与线下实践有机结合,有效提升教学质量和水平。不仅可培养和提高学生的创新和实践能力,还能为教师在土木工程材料领域的教学与科学研究提供新的平台,有利于推动信息技术与教学的深度融合。

参考文献:

- [1] 任振华, 曾究桃. “新工科”背景下应用型大学土木工程专业人才培养的改革与探索[J]. 西部素质教育, 2017, 3(17): 1-3.
- [2] 邱林润, 李炳. 新工科背景下应用型本科实践教学研究[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(22): 216-217.
- [3] 张燕翔. 虚拟/增强现实技术及其应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2017.
- [4] 胡银亨, 况爱农, 孙丽, 等. 现代媒体信息技术[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2015: 192-193.
- [5] 唐丽萍, 吕掌权, 袁国锋. VR技术在汽车专业教学中的应用[J]. 河南农业, 2017(30): 27-28.
- [6] Moro C, Štromberga Z, Raikos A, et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy[J]. Anatomical Sciences Education, 2017, 10(6): 549-559.

- [7] 宫晓东,边鹏,魏文静.交互设计[M].合肥:合肥工业大学出版社,2016.
- [8] 朱绍文,项安波.虚拟现实技术及其应用概况[J].计算机应用与软件,1998,15(6):59-64.
- [9] 黄奕宇.虚拟现实(VR)教育应用研究综述[J].中国教育信息化,2018,24(1):11-16.
- [10] 曹彦杰.虚拟现实技术在美国教师教育中的应用研究——以中佛罗里达大学为例[J].比较教育研究,2017,39(6):93-102.
- [11] Chua P. T., Crivella R., Daly B., et al. Tai Chi: Training for Physical Tasks in Virtual Environments [J]. Virtual Reality, 2003(3): 87-94.
- [12] 冯丽,张宏.虚拟现实技术在教育领域中的应用[J].信息与电脑(理论版),2016,28(13):249-250.
- [13] 陈浩磊,邹湘军,陈燕,等.虚拟现实技术的最新发展与展望[J].中国科技论文在线,2011,6(1):1-5,14.
- [14] 曾刚,李峥,王元元,等.基于科教协同理念的土木工程材料课程教学改革实践[J].高等建筑教育,2022,31(6):146-152.
- [15] 阎臻,李佛生,冯甦,等.辐照杀虫和灭菌虚拟仿真实验教学项目建设[J].实验室研究与探索,2022,41(11):175-180.
- [16] 侯琼,朱晓磊,李明轩,等.轻质结构材料力学性能虚拟教学实验平台的开发与应用[J].实验力学,2022,37(5):765-774.
- [17] 张研,赵军,虞爱平.基于虚拟现实技术的《土木工程材料》课程改革探索[J].教育现代化,2018,5(23):71-72,80.

Discussion on the integration of VR technology into civil engineering materials curriculum

TAN Chunlei¹, LAI Feiyan², DENG Yu¹, CUI Lisan¹, ZHANG Xiaohui², SU Liuyue¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, P. R. China; 2. College of Materials and Chemical Engineering, Hezhou University, Hezhou 542899, P. R. China)

Abstract: With the increase of demand for applied talents, colleges and universities are required to pay more attention to the cultivation of students' practical and innovative abilities. Traditional classroom teaching and simple standardized experimental operation methods not only cannot arouse students' interest in learning but also can hardly cultivate students' practical ability and stimulate students' innovative consciousness because of low immersion in the cognitive process, too abstract theoretical knowledge, too boring learning and practice process and other problems. Therefore, it cannot meet the requirements of talent training for the construction of new engineering and the construction needs of education modernization. As an emerging modern information product, virtual reality (VR) technology can not only provide users with a three-dimensional virtual world, but also make people feel immersive in the sense, so as to enhance the immersion and fun of learning from visual, auditory, and physical perception. It is one of the most potential modern teaching methods in the future. When VR technology is integrated into the teaching of civil engineering materials course, the change of civil engineering materials in microstructure, mechanical properties, durability, and other aspects can be vividly presented in front of students through the first perspective of 3D animation to give students a sense of real experience via the control of time and space in the teaching and virtual experiment training process. This teaching mode not only increases the interest and immersion of the course but also plays a training effect close to the real experiment scene, enabling students to fully integrate theoretical knowledge and practical process independently in the VR experience process, to deepen their cognition of the nature of things and stimulate their innovative thinking, and further improve their practical and innovative ability.

Key words: VR technology; civil engineering materials; practical ability; innovation ability

(责任编辑 邓云)